

1/3,BA/1

DIALOG(R)File 351:DERWENT WPI

(c) 1999 Derwent Info Ltd. All rts. reserv.

001457861

WPI Acc No: 76-C0754X/197610

Power transformer with rectangular core - has coaxial windings to occupy minimum space and resists internal forces

Patent Assignee: TRANSFORMATOREN UNION AG (TRAU )

Number of Countries: 007 Number of Patents: 009

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Main IPC	Week
BE 834674	A	19760216				197610 B	
NL 7512413	A	19760427				197620	
DE 2450481	A	19760513				197621	
SE 7511886	A	19760524				197624	
FR 2289039	A	19760625				197634	
DE 2507960	A	19760909				197638	
AT 7507863	A	19770615				197727	
CH 604347	A	19780915				197841	
DE 2450481	B	19781116				197847	

Priority Applications (No Type Date): DE 2507960 A 19750225; DE 2425899 A 19740530; DE 2450481 A 19741024

Abstract (Basic): BE 834674 A

This power transformer has a core that is virtually rectangular and has coaxial windings which, although they have a modified shape, are also approximately rectangular. The sides of the outer windings are curved to ensure that the tensile forces under short-circuit conditions remain below the limit of elasticity. Other spacing pieces are provided between the windings, core and casing to support and restrict the windings as well as provide damping in case of oscillation. This arrangement enables the transformer to be made in a compact form.

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :  
(A n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction).

2 289 039

A1

DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION

(21)

N° 75 32153

(54) Système d'enroulements pour transformateurs comportant un noyau à section transversale à peu près rectangulaire.

(51) Classification internationale (Int. Cl.<sup>2</sup>). H 01 F 27/30.

(22) Date de dépôt ..... 21 octobre 1975, à 15 h 28 mn.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : Demandes de brevets déposées en République Fédérale d'Allemagne le 24 octobre 1974, n. P 24 50 481.2 et le 25 février 1975 n. P 25 07 960.1 au nom de la demanderesse.

(41) Date de la mise à la disposition du public de la demande ..... B.O.P.I. - «Listes» n. 21 du 21-5-1976.

(71) Déposant : Société dite : TRANSFORMATOREN UNION AKTIENGESELLSCHAFT, résidant en République Fédérale d'Allemagne.

(72) Invention de :

(73) Titulaire : Idem (71)

(74) Mandataire : Cabinet Madeuf, Conseils en brevets.

La présente invention concerne un système d'enroulements pour transformateurs comportant un noyau à section transversale à peu près rectangulaire, ainsi qu'au moins deux enroulements coaxiaux ayant une section transversale adaptée à cette section transversale rectangulaire.

Les transformateurs prévus pour de grandes puissances et dont les enroulements reçoivent, par conséquent, des courants supérieurs, c'est-à-dire les transformateurs prévus pour la distribution d'énergie sont généralement réalisés avec des enroulements à section transversale circulaire car, avec des enroulements de ce type, on peut envisager les forces de court-circuit avec un minimum de dépenses du point de vue construction. De même, on connaît déjà des enroulements à section transversale elliptique dans lesquels la section transversale du noyau est moins échelonnée que dans le cas d'une section transversale circulaire.

Comme on le sait, deux enroulements coaxiaux parcourus par le courant dans des sens contraires tentent de se repousser de sorte que, dans le cas d'un transformateur comportant deux enroulements coaxiaux superposés, l'enroulement intérieur a tendance à être dévié vers l'intérieur, tandis que l'enroulement extérieur est sollicité par des forces radiales agissant vers l'extérieur et ayant tendance à augmenter le diamètre de l'enroulement dont le conducteur subit ainsi une traction. Avec des enroulements de ce type à section transversale circulaire ou elliptique, la forme de la section transversale du noyau est adaptée le plus possible à cette forme de bobinage, c'est-à-dire que le noyau est stratifié en gradins à partir de tôles de différentes largeurs, de sorte que les coins des différents gradins sont situés sur le cercle décrit. L'enroulement intérieur est ensuite maintenu contre ce noyau massif, par exemple, en enfonçant des cales, évitant ainsi une déformation par un gauchissement de l'enroulement intérieur vers l'intérieur suite aux forces de court-circuit.

La tendance générale actuelle de la technique vise à réduire toujours davantage les dimensions et augmenter la concentration, c'est-à-dire à mieux exploiter le volume des transformateurs. On obtient, en principe, la meilleure utilisation lorsque le noyau a une section transversale rectangulaire ou carrée et lorsque les enroulements qui l'entourent, sont également réalisés sous cette forme rectangulaire ou carrée.

Si les deux enroulements sont alors sollicités par des forces opposées en court-circuit alors que, par conséquent, l'enroulement intérieur, même s'il a une section transversale rectangulaire, appuie convenablement contre le noyau massif et peut, dès lors, être préservé d'un gauchissement, l'enroulement extérieur a tendance à prendre une forme se rapprochant le plus possible de la forme circulaire par suite du pliage des côtés rectilignes de la section transversale rectangulaire.

Dans les constructions connues, on combat cette tendance au moyen d'éléments de serrage correspondants d'une construction très robuste et agissant de l'extérieur sur l'enroulement. Ces éléments de serrage doivent subir des forces très élevées, de sorte qu'ils nécessitent des frais élevés et d'importantes dépenses de matériau.

En outre, on sait qu'il est pratiquement impossible d'enrouler des bobines rectangulaires (par opposition aux bobines circulaires) de telle sorte que la traction d'enroulement appliquée au cours du processus d'enroulement subsiste comme tension de traction permanente avec la même valeur dans les conducteurs de l'enroulement, c'est-à-dire que les enroulements ou déjà les différentes couches aient un mou relativement important, c'est-à-dire un excès de longueur sur la périphérie moyenne de telle sorte que :

1. la construction support prévue pour les forces de court-circuit ne subit réellement aucune détente par les forces de traction pouvant être reçues par l'enroulement lui-même et qu'elle doit être calculée pour les forces totales, et

2. en cas de court-circuit, cet excès de longueur de l'enroulement est dévié aux endroits qui ne sont pas couverts par la construction de pressage et de retenue, tandis qu'il se forme des bombements et des gauchissements compromettant sérieusement l'isolation.

La présente invention a pour objet d'exploiter le plus possible les avantages qu'offre, du point de vue encombrement, un noyau au moins à peu près rectangulaire pourvu d'un bobinage intérieur également à peu près rectangulaire, tout en économisant ainsi la construction de serrage coûteuse destinée à recevoir les forces de court-circuit. A cet effet, dans les zones d'angle, l'enroulement extérieur repose contre l'enroulement intérieur en intercalant des languettes d'angle résistant à la pression, tandis

que ses côtés sont bombés de telle sorte que l'effort de traction agissant dans le conducteur suite aux forces de court-circuit reste en dessous de la limite d'élasticité.

5 Pour réaliser le plus aisément ce bombement, au milieu de chaque côté mais, en particulier, sur les côtés longitudinaux, l'enroulement qui repose fermement dans les zones d'angle, appuie contre l'enroulement intérieur avec une surélévation en présentant une section transversale à peu près polygonale. Cette surélévation peut être aisément obtenue au moyen d'une  
10 languette prévue de chaque côté.

De la sorte, déjà avec de faibles surélévations, la force tangentielle que doit subir l'enroulement extérieur diminue rapidement de sorte qu'avec un léger bombement, on peut améliorer sensiblement la résistance au court-circuit et la sécurité du trans-  
15 formateur contre les sollicitations en court-circuit.

On obtient une amélioration complémentaire lorsque au moins les deux longs côtés de l'enroulement extérieur sont maintenus et empêchés de se déplacer vers l'extérieur grâce à des languettes supplémentaires prévues au moins au centre.

20 Dès lors, les côtés de l'enroulement extérieur rectangulaire, en particulier, les côtés longitudinaux sont soutenus sur une étroite distance limitée vers l'extérieur en un seul point ou en quelques points seulement de sorte qu'en cas de court-circuit, le mou de l'enroulement peut s'épuiser entre ces points d'appui  
25 sous forme d'ondes à oscillations relativement douces, tandis que l'isolation du fil et de l'enroulement n'est pas compromise par des points anguleux à arêtes vives.

Etant donné que les forces en court-circuit oscillent à la fréquence de réseaux doubles, il importe évidemment d'éviter les phénomènes de résonance, c'est-à-dire que l'on dispose  
30 les points d'appui aux endroits des côtés de l'enroulement où une surélévation d'amplitude par suite de la résonance propre des parties latérales oscillantes est exclue.

Des exemples de réalisation de l'invention et leur mode de fonctionnement seront décrits en se référant aux dessins annexés dans lesquels :

35 la figure 1 montre l'application de l'invention à un noyau rectangulaire ;

40 la figure 2 montre un support extérieur supplémentaire des longs côtés de l'enroulement et les bombements se

produisant en cas de court-circuit ;

la figure 3 montre un noyau à trois gradins avec un enroulement de forme à peu près octogonale ;

la figure 4 montre une forme de réalisation  
5 avantageuse pour l'introduction de l'isolation principale ;

la figure 5 montre les vecteurs de force s'exerçant sur l'enroulement représenté à la figure 3 ;

la figure 6 est une illustration théorique d'une barre sollicitée ;

10 les figures 7a et 7b montrent l'adaptation de canaux de refroidissement à peu près en forme de demi-lune aux petits côtés ;

les figures 8a et 8b sont des diagrammes de force relatifs au système d'enroulement suivant l'invention.

15 Le noyau 1 à section transversale rectangulaire suivant la figure 1, c'est-à-dire un noyau stratifié avec une tôle dans une seule position ou enroulé à partir d'une bande est entouré de toutes parts de languettes d'écartement 2 réparties uniformément et contre lesquelles repose l'enroulement intérieur, par  
20 exemple, l'enroulement basse tension 3. Ensuite, dans les coins et uniquement au milieu de chaque côté, on dispose radialement d'autres languettes d'écartement 4, 6, les languettes d'écartement 4 situées au centre des côtés ayant une plus grande hauteur de façon à amener l'enroulement haute tension 5 qui les entoure à une  
25 section transversale polygonale.

En se référant aux figures 8a et 8b, si, par approximation, on désigne la surélévation de l'enroulement extérieur par  $h$  au moyen d'un arc de cercle passant par le centre du côté longitudinal, on obtient la courbe illustrée entre la force de traction tangentielle  $F_z$  dans le conducteur de l'enroulement vis-à-vis du  
30 bombement  $h$  en fonction de la force radiale en court-circuit  $F_R$ .

Cette courbe montre que, déjà avec une légère surélévation  $h$  des centres des côtés de la bobine rectangulaire  
35 extérieure, on peut diminuer sensiblement les forces tangentielles produites = forces de traction dans la matière de l'enroulement, permettant ainsi de réaliser de sensibles économies dans les frais de construction.

40 Dans l'exemple illustré à la figure 2, sur la branche de noyau 1 stratifiée avec une section transversale rectangulaire, est disposé l'enroulement basse tension 3 reposant contre

ce noyau en plusieurs points périphériques au moyen de languettes 2, tandis que l'enroulement haute tension 5 entoure coaxialement cet enroulement 3 contre lequel il repose dans les zones d'angle au moyen des languettes d'angle 6. Dans l'exemple illustré, au moins les longs côtés de cet enroulement haute tension sont maintenus fermement au centre par d'autres languettes plus épaisses 4 à l'intérieur et des languettes supplémentaires 7 à l'extérieur. Si, en cas de court-circuit, cet enroulement extérieur a tendance à se dilater vers l'extérieur, les longs côtés sont maintenus au centre par les languettes 7 lesquelles sont maintenues par un élément de pressage extérieur approprié 8, absorbant ainsi le mou présent dans l'enroulement, de même que la dilatation supplémentaire de petits bombements indiqués par les flèches 9, ce bombement augmentant précisément l'angle de sortie du conducteur dans la zone d'angle, diminuant ainsi davantage l'effort de traction du conducteur dans cette zone. Vis-à-vis d'enroulements extérieurs non supportés de l'extérieur, les supports supplémentaires d'enroulement prévus au centre des longs côtés présentent également un grand avantage particulier du fait que le bombement subsistant après un court-circuit suite au mou et à la dilatation est maintenu dans certaines limites de sorte que la largeur du canal de dispersion et, par conséquent, la tension de court-circuit initialement prévue pour le transformateur ne subissent que de légères variations.

Suivant un autre objet de l'invention, comme représenté à la figure 4, l'isolation principale 7 prévue dans le canal de dispersion entre l'enroulement intérieur et l'enroulement extérieur est alternativement déportée au-dessus et en dessous des languettes d'écartement voisines, en particulier, au-dessus des languettes d'angle 6 et en dessous des languettes surélevées 4 prévues au centre des côtés.

De la sorte, on évite la subdivision radiale des languettes lorsque l'isolation est prévue dans la zone centrale du canal de dispersion chaque fois entre deux languettes d'une épaisseur à peu près réduite de moitié ce qui, pour maintenir une sécurité suffisante, nécessiterait une fixation compliquée et coûteuse des demi-languettes en superposition radiale exacte.

De la sorte, sur la moitié de la surface de chacun des deux enroulements adjacents, circule directement l'agent réfrigérant et l'isolation 7 ne forme pas une couche calorifuge inopportune sur un seul enroulement, comme ce serait le cas si l'isolation

était située en dessous de toutes les languettes, c'est-à-dire sur la surface extérieure de l'enroulement intérieur, ou au-dessus de toutes les languettes, c'est-à-dire le long de la surface intérieure de l'enroulement extérieur.

5 Avec cette disposition avantageuse de l'isolation principale dans laquelle cette dernière est posée au-dessus des languettes d'angle et en dessous des languettes centrales, lorsque ces languettes centrales s'enfoncent dans les longs côtés de l'isolation enroulés tout d'abord en porte-à-faux, il se crée une  
10 tension supplémentaire et, par conséquent, une compression et une homogénéisation de cette isolation, augmentant ainsi la résistance électrique.

Suivant un autre exemple de réalisation de l'invention, l'enroulement a une section transversale octogonale ou  
15 à peu près octogonale dans laquelle les dimensions dans le sens longitudinal du noyau sont légèrement inférieures aux dimensions existant dans le sens des couches du noyau, comme représenté à la figure 5.

Grâce à cette forme d'enroulement octogonale ou à peu près octogonale, l'effort tangentiel de la matière d'enroulement du bobinage extérieur peut être maintenu en dessous de la limite d'élasticité, si bien qu'il ne peut se produire aucune modification  
20 permanente de longueur tandis que, en deuxième lieu, cette forme d'enroulement permet de réaliser un enroulement présentant un plus faible mou dans le bobinage extérieur que dans le cas d'enroulements extérieurs rectangulaires ou ne présentant qu'une surélévation au  
25 centre des longs côtés et, en troisième lieu, le bobinage intérieur peut également être supporté sans problème en direction du noyau de la même manière que dans le cas d'enroulements rectangulaires.  
30 De la sorte, aussi bien le changement de la tension de court-circuit que la sollicitation de force des enroulements peuvent rester dans les limites désirées avec de légères, voire aucune modification de construction.

Grâce à la forme d'enroulement octogonale ou  
35 à peu près octogonale suivant l'invention, tout comme dans les enroulements à section transversale rectangulaire, on peut atteindre, dans l'appareil, une plus grande puissance volumétrique spécifique. En fait, comparativement à la forme d'enroulement rectangulaire, la forme d'enroulement octogonale présente tout d'abord, du point de  
40 vue puissance volumétrique spécifique, un léger inconvénient du fait



que, pour obtenir la même section transversale dans le noyau, les dimensions de ce dernier, qui influencent également les dimensions extérieures de l'appareil, doivent être légèrement accrues ; toutefois, avec cette forme d'enroulement octogonale, cet inconvénient est plus que compensé par les plus petites périphéries d'enroulement qui en résultent, par l'application de plus grands canaux frontaux pour le refroidissement des enroulements, ainsi que par la simplification considérable de l'élément de pressage.

Les sections transversales des noyaux de ces enroulements octogonaux ou à peu près octogonaux sont adaptées à la forme de ces derniers et elles sont en réalisation correspondante simple ou multiple, mais moins échelonnées.

Dans l'exemple représenté à la figure 5, sur le noyau 1 échelonné uniquement en trois largeurs de tôle, est disposé l'enroulement basse tension 3 sur lequel est situé coaxialement l'enroulement haute tension 5. Le canal principal de dispersion 10 nécessaire pour des raisons de tension est disposé sans interruption entre les deux enroulements. En outre, sur une face frontale, se trouve le conduit axial 12 de l'enroulement basse tension 3 formant ainsi, à cet endroit, un bombement supplémentaire de l'enroulement 5. En outre, dans l'exemple illustré, l'enroulement haute tension 5 ne comporte que des canaux de refroidissement 11 adaptés sur la face frontale et fermés dans la zone de l'ouverture en forme de fenêtre.

La figure 5 illustre également les forces de court-circuit agissant radialement et tangentiellement.

Dans cette figure :

- $F_T$  = force de court-circuit agissant tangentiellement ;
- $F_R$  = force de court-circuit agissant radialement ;
- $\sigma_{0,2}$  = limite d'élasticité de la matière d'enroulement ;
- $\sigma_R$  = sollicitation spécifique radiale de la matière d'enroulement ;
- $HS_{ges}$  = hauteur de couche de la branche du noyau ;
- $b$  = largeur du segment de cercle décrit autour du noyau.

Dès lors, on a :

$$\frac{F_T}{F_R} = \frac{1}{2 \sin \alpha}$$

$$\frac{\zeta_{0,2}}{T_R} = \frac{1}{\sin \alpha} \quad \sin \alpha = \frac{\zeta_{R}}{\zeta_{0,2}}$$

$$\frac{HS_{ges}}{b} = \frac{\sin \alpha}{\sin^2 \frac{\alpha}{2}}$$

10

En choisissant la forme d'enroulement octogonale, sans altérer tout le facteur de remplissage de l'enroulement, on peut maintenir la sollicitation tangentielle en dessous de la limite d'élasticité de la matière d'enroulement, si bien qu'il ne peut se produire aucune modification de longueur permanente.

15

Etant donné qu'en cas de court-circuit, l'enroulement intérieur et l'enroulement extérieur se repoussent mutuellement, dans le cas d'un enroulement rectangulaire, étant donné que l'enroulement n'est pas réalisé dans des conditions optimales, c'est-à-dire qu'il n'est pas réalisé sans "mou", on augmente les dimensions du canal principal de dispersion, ce qui a pour conséquence d'augmenter inopportunistement la tension de court-circuit. Afin d'éviter l'influence du mou d'un enroulement extérieur en porte-à-faux, chaque zone théoriquement rectiligne à la périphérie de l'enroulement peut être sollicitée par une charge uniforme à la manière d'un "support sur deux points d'appui", comme représenté à la figure 6.

25

Dans cette figure :

$g \times f$  = force de court-circuit agissant radialement ;

$A$  = accroissement supplémentaire des dimensions du canal principal de dispersion par le court-circuit en fonction de la flexion  $f$  ;

30

$$f = \frac{5 \times g \times f^4}{384 \times E \times J}$$

$$A \approx \frac{f}{61} (3f^2 + 4f^2).$$

35

Etant donné que  $f \ll f$ , on peut avoir  $A \approx f$

( $f \cdot f$ ), de sorte que

$$A \approx f (f^5).$$

Dès lors, étant donné que l'accroissement supplémentaire des dimensions du canal principal de dispersion par suite du court-circuit est proportionnel à environ la cinquième puissance de la zone rectiligne de l'enroulement, la forme d'enroulement octogonale, qui comporte de petits tronçons latéraux rectilignes et dans laquelle les longs côtés de l'enroulement extérieur en porte-à-faux sont éventuellement moins exposés, présente de nets avantages, en particulier, vis-à-vis des systèmes d'enroulements à section transversale rectangulaire en ce qui concerne la modification problématique de la tension de court-circuit.

Avec la forme d'enroulement octogonale comportant, par exemple, un noyau à trois gradins, vis-à-vis d'enroulements à section transversale rectangulaire de même dimension, on réduit la périphérie circonscrite du noyau et, par conséquent, également les périphéries des enroulements. On peut tirer profit de cet avantage pour réduire les sections transversales des enroulements avec des pertes d'enroulement normalisées constantes, réduisant ainsi simultanément la structure radiale de tout l'enroulement ; de même, on peut tirer profit de cet avantage pour augmenter le nombre de spires des enroulements, la section transversale du noyau pouvant être alors réduite réciproquement au nombre de spires.

Pour des raisons d'encombrement, dans des transformateurs à section transversale à peu près rectangulaire, on dispose des canaux de refroidissement à peu près en forme de demilune dans les petits côtés des enroulements qui sont, désormais, mieux utilisés puisqu'ils ne sont pas recouverts par des culasses. En outre, grâce à la forme d'enroulement octogonale, on peut encore augmenter les dimensions des canaux de refroidissement frontaux également utilisés dans le cas d'enroulements à section transversale rectangulaire.

Cet avantage est illustré dans l'exemple suivant donné en se référant aux figures 7a et 7b.

Avec les systèmes du type représenté à la figure 7a, la partie occupée par les canaux sur toute la périphérie est de :  $\sim 35 - 40\%$ , cependant que, dans une forme de réalisation à section transversale à peu près octogonale suivant la figure 7b, elle est :  $\sim 50 - 60\%$  de toute la périphérie.

Etant donné qu'avec la forme bombée en polygone mais, en particulier, avec la forme octogonale, les enroulements sont essentiellement en porte-à-faux contre les forces de court-circuit agissant radialement et tangentiellement, on supprime l'influence déterminante des forces problématiques de court-circuit sur les dimensions de l'élément de pressage. De la sorte, on peut réaliser un élément de pressage simple répondant aux conditions mécaniques requises, permettant de réduire les dimensions et assurant, en outre, une meilleure évacuation de la chaleur, étant donné que l'on peut supprimer le support de l'enroulement extérieur.

Grâce à la forme d'enroulement suivant l'invention, on peut obtenir, dans les transformateurs, une structure particulièrement simple et efficace en veillant parfaitement à utiliser au mieux la place disponible.

### REVENDEICATIONS

1. Système d'enroulements pour transformateurs comportant un noyau à section transversale à peu près rectangulaire, ainsi qu'au moins deux enroulements coaxiaux d'une section transversale adaptée à cette section transversale à peu près rectangulaire, caractérisé en ce que, dans les zones d'angle, l'enroulement extérieur appuie contre l'enroulement intérieur en intercalant des languettes d'angle résistant à la pression, les côtés de cet enroulement extérieur étant bombés de telle sorte que l'effort de traction agissant dans le conducteur par suite des forces de court-circuit reste en dessous de la limite d'élasticité.

2. Système d'enroulements selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'angle  $\alpha$  formé entre la sortie d'un long côté d'enroulement hors de la zone d'angle et un côté rectiligne correspond à peu près à la fonction suivante :

$$\alpha \geq \arcsin \frac{F_R}{2 F_Z}$$

où

$F_R$  représente la force radiale en court-circuit agissant au centre du côté d'un bobinage rectangulaire, et

$F_Z$  indique la force de traction permise dans le conducteur :

$$F_Z = \sigma_{\text{permise}} \cdot q_L \quad (q_L = \text{section transversale du conducteur}).$$

3. Système d'enroulements selon la revendication 2, caractérisé en ce que, au centre de chaque côté, entre un enroulement intérieur et un enroulement extérieur, est prévue une languette surélevée, l'enroulement extérieur ayant une section transversale polygonale.

4. Système d'enroulements selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'au moins les deux longs côtés de l'enroulement extérieur sont supportés en étant empêchés de se déplacer vers l'extérieur grâce à des languettes supplémentaires disposées localement au moins au centre.

5. Système d'enroulements selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'au moins les longs côtés de l'enroulement extérieur sont supportés en deux ou plusieurs points en étant empêchés de se déplacer vers l'intérieur et vers l'extérieur.

5 6. Système d'enroulements selon la revendication 5, caractérisé en ce que les points d'appui sont disposés sur les côtés des enroulements de façon à éviter une surélévation d'amplitude par la résonance propre en cas d'oscillation des parties latérales libres, amorcée ou produite par un courant de court-circuit.

10 7. Système d'enroulements selon la revendication 3, caractérisé en ce que l'enroulement a une section transversale octogonale ou à peu près octogonale dans laquelle les dimensions dans le sens longitudinal du noyau sont légèrement inférieures aux dimensions existant dans le sens des couches de ce noyau.

15 8. Système d'enroulements selon la revendication 7, caractérisé en ce que le noyau est constitué de trois largeurs de tôle échelonnées.

20 9. Système d'enroulements selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce qu'au moins les longs côtés de l'enroulement extérieur sont bombés en forme d'arc ou de corde d'arc en enfonçant des languettes d'épaisseurs échelonnées.

25 10. Système d'enroulements selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que l'isolation principale est prévue dans le canal de dispersion entre l'enroulement intérieur et l'enroulement extérieur alternativement au-dessus et en dessous des languettes d'écartement.

30 11. Système d'enroulements selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisé en ce qu'on prévoit des canaux de refroidissement à peu près en forme de demi-lune dans la zone des petits côtés des enroulements,

FIG.1

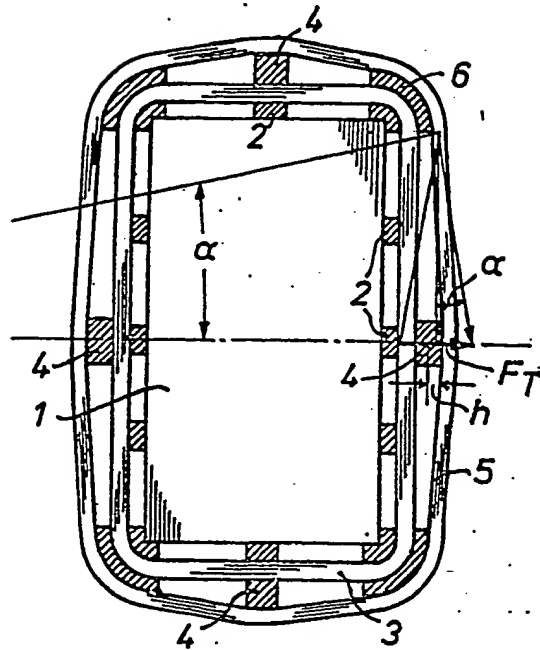


FIG.4

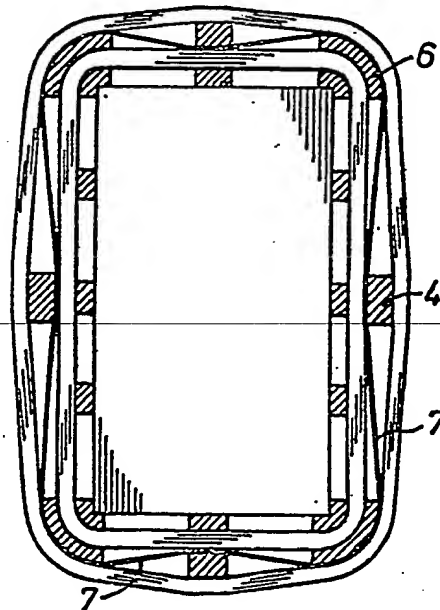


FIG.2

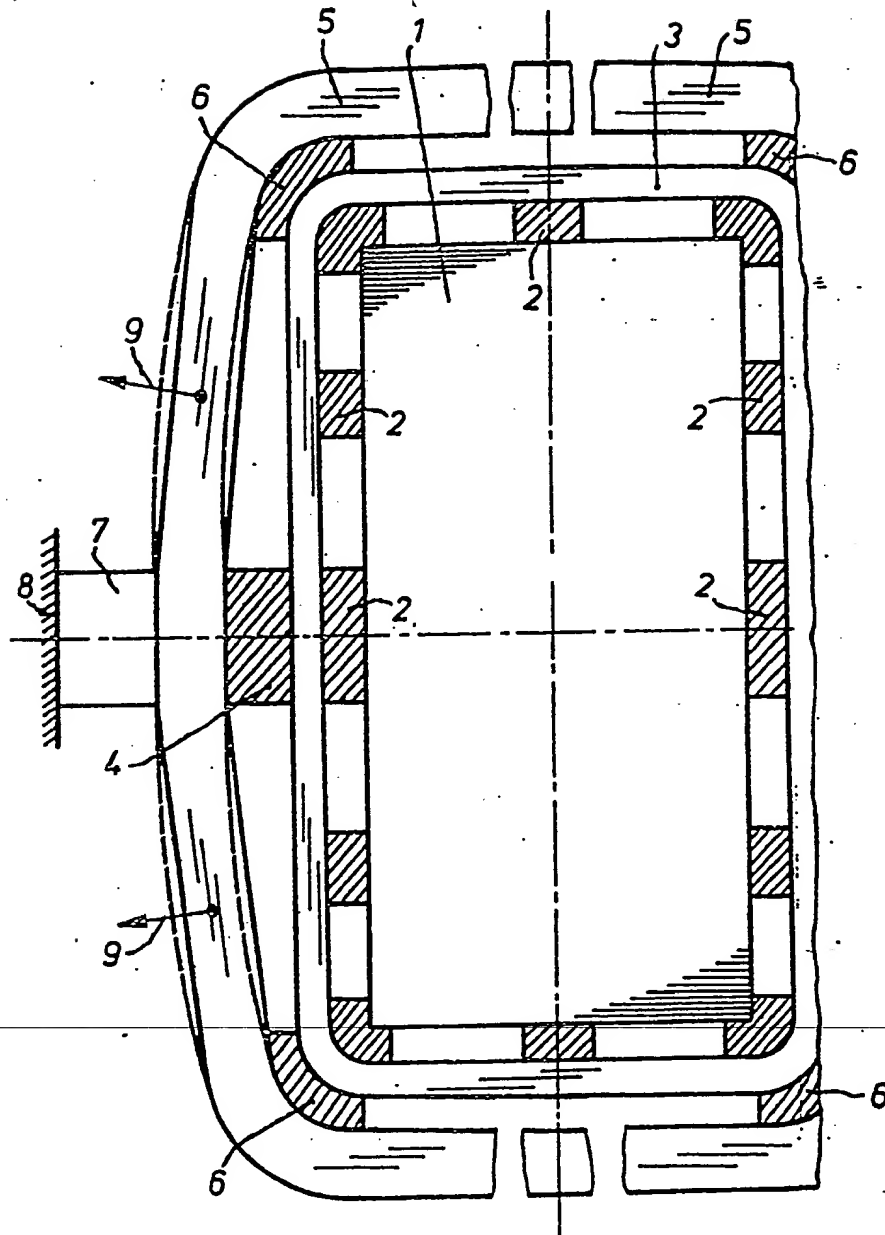




FIG.3

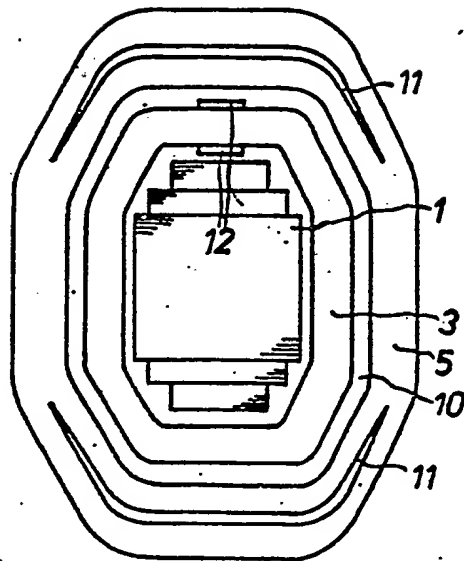


FIG.5

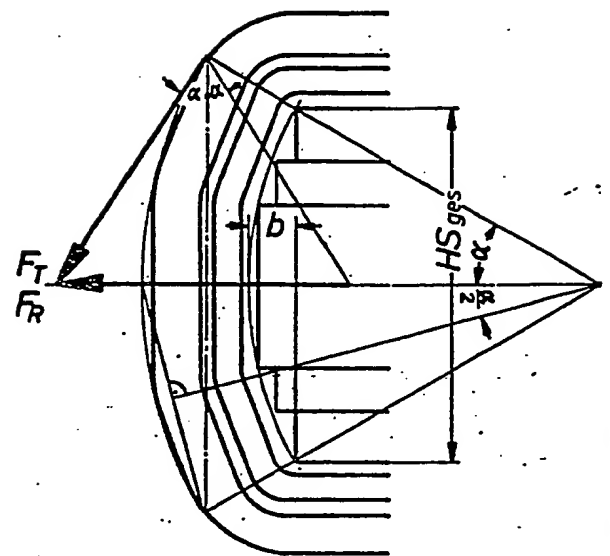


FIG.6

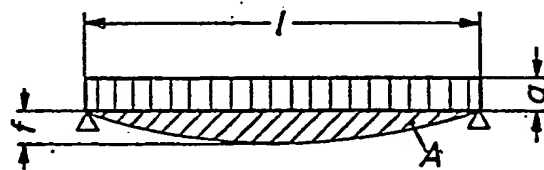


FIG.7a

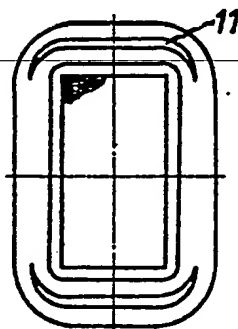


FIG.7b

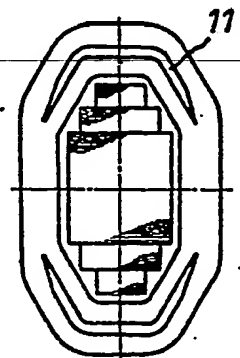


FIG. 8a

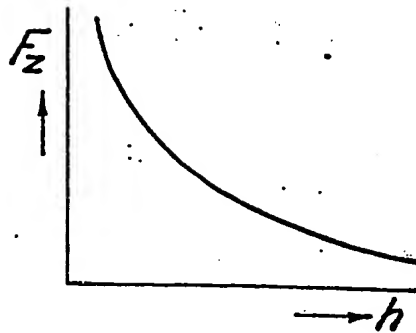


FIG. 8b

